

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

13.08.2004

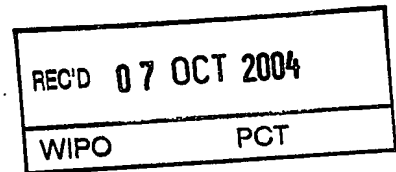
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 6 1 1 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 8 6 1 1 8]

出 願 人
Applicant(s): 住友電気工業株式会社

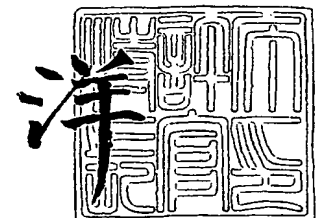


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 9 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 103Y0406
【提出日】 平成15年 8月 4日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/00
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
 【氏名】 笹岡 英資
【特許出願人】
 【識別番号】 000002130
 【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100088155
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹
【選任した代理人】
 【識別番号】 100089978
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 塩田 辰也
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092657
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 寺崎 史朗
【選任した代理人】
 【識別番号】 100110582
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 柴田 昌聰
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014708
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0308433

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

石英ガラスを主成分とする光ファイバであって、ケーブルカットオフ波長が 1260 nm 以下であり、波長 1310 nm における伝送損失が 0.32 dB/km 以下であり、波長 1380 nm における OH 基に因る損失増加量が 0.3 dB/km 以下であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】

波長 1310 nm における伝送損失が 0.30 dB/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】

波長 1380 nm における伝送損失が波長 1310 nm における伝送損失より小さいことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 4】

波長 1310 nm における伝送損失から波長 1550 nm における伝送損失を引いた値が 0.13 dB/km 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 5】

零分散波長が 1300 nm 以上 1324 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 6】

波長 1550 nm における偏波モード分散が $0.5\text{ ps/km}^{1/2}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 7】

波長 1550 nm における曲げ直径 20 mm での曲げ損失が 3 dB/m 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 8】

波長 1550 nm における Petermann I の定義に拠るモードフィールド径が $10.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 9】

クラッド領域にフッ素が添加されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 10】

コア領域に GeO_2 が添加されていないことを特徴とする請求項 9 記載の光ファイバ。

【書類名】明細書

【発明の名称】光ファイバ

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信システム等において光伝送路として好適に用いられる光ファイバに関するものである。

【背景技術】

【0002】

光通信システムは、光ファイバを光伝送路として用いて信号光を伝送することで、大容量の情報を高速に送受信することができる。また、波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 光伝送システムは、多重化した多波長の信号光を伝送するものであり、より大容量の情報を送受信することができる。WDM光通信システムにおいて更なる大容量化が求められており、このことから、WDM伝送する多波長信号光の波長間隔を狭くすることが考えられ、また、WDM伝送する多波長信号光の波長帯域を拡大することが考えられている。

【0003】

信号光波長帯域の拡大については、当初のCバンド (1530 nm～1565 nm) の利用だけでなく、Cバンドより長波長側のLバンド (1565 nm～1625 nm) およびUバンド (1625 nm～1675 nm) の利用も検討され、また、Cバンドより短波長側のOバンド (1260 nm～1360 nm), Eバンド (1360 nm～1460 nm) およびSバンド (1460 nm～1530 nm) の利用も検討されている。

【0004】

このような広帯域で信号光を伝送する光ファイバは、その信号光波長帯域で伝送損失が小さいこと等が要求される。光通信システムにおいて光伝送路として用いられる光ファイバは、一般に、石英ガラスを主成分とするものであり、Cバンド内の波長1550 nm付近において伝送損失が最小となり、また、波長1380 nmにおいてOH基に因る損失増加が存在する。

【0005】

例えば、非特許文献1に記載された光ファイバは、波長1550 nmにおける伝送損失が0.154 dB/kmであり、波長1300 nmにおける伝送損失が0.291 dB/kmであり、波長1380 nmにおけるOH基に因る損失増加量が0.75 dB/kmである。また、特許文献1に開示された光ファイバは、波長1550 nmにおける伝送損失が0.170～0.173 dB/kmであり、波長1380 nmにおけるOH基に因る損失増加量が0.3 dB/kmである。

【特許文献1】米国特許第6449415号明細書

【非特許文献1】横田弘、他、「超低損失純シリカコアシングルモードファイバの損失特性」、昭和61年度電子通信学会総合全国大会、1091

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記の非特許文献1に記載された光ファイバは、波長1300 nmにおける伝送損失が小さい点では好ましいものの、波長1380 nmにおけるOH基に因る損失増加量が大きいことから、この波長1380 nmおよび周辺の波長帯における伝送損失が他の波長帯と比較して非常に大きく、したがって、波長1380 nmを含む波長帯では信号光伝送に不適切である。

【0007】

一方、特許文献1に記載された光ファイバは、波長1380 nmにおけるOH基に因る損失増加量が小さい点では好ましいものの、カットオフ波長が1310 nm以上であり、或いは、零分散波長が1350 nmであり、したがって、波長1310 nm付近の波長帯では信号光伝送に不適切である。

【0008】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、より広い帯域で信号光を送送するのに好適な光ファイバを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る光ファイバは、石英ガラスを主成分とする光ファイバであって、ケーブルカットオフ波長が1260nm以下であり、波長1310nmにおける伝送損失が0.32dB/km以下であり、波長1380nmにおけるOH基に因る損失増加量が0.3dB/km以下であることを特徴とする。

【0010】

この光ファイバは、石英ガラスを主成分とするものであるから、波長1550nm付近において伝送損失が最小となる。また、この光ファイバは、波長1310nmにおける伝送損失が小さく、波長1380nmにおけるOH基に因る損失増加量も小さい。さらに、この光ファイバは、ケーブルカットオフ波長が1260nm以下であることから、OバンドからLバンドに跨る広い信号光波長帯域において、信号光を低損失かつシングルモードで伝送することができる。

【0011】

本発明に係る光ファイバは、波長1310nmにおける伝送損失が0.30dB/km以下であるのが好適であり、この場合には、この波長付近の信号光を更に低損失で長距離伝送することができる。

【0012】

本発明に係る光ファイバは、波長1380nmにおける伝送損失が波長1310nmにおける伝送損失より小さいのが好適であり、この場合には、波長1380nm付近の信号光を低損失で長距離伝送する上で好都合である。

【0013】

本発明に係る光ファイバは、波長1310nmにおける伝送損失から波長1550nmにおける伝送損失を引いた値が0.13dB/km以下であるのが好適であり、この場合には、両波長間の伝送損失の差が小さいので、広い信号光波長帯域において均質な性能の信号光伝送を実現することができる。

【0014】

本発明に係る光ファイバは、零分散波長が1300nm以上1324nm以下であるのが好適であり、この場合には、標準的なシングルモード光ファイバと零分散波長が同程度であることから、標準的なシングルモード光ファイバとの互換性が優れ、分散補償の点で好都合である。

【0015】

本発明に係る光ファイバは、波長1550nmにおける偏波モード分散が0.5ps/km^{1/2}以下であるのが好適であり、この場合には、高ビットレート伝送を行なう際の偏波モード分散に因る信号光伝送性能の劣化を低減することができる。

【0016】

本発明に係る光ファイバは、波長1550nmにおける曲げ直径20mmでの曲げ損失が3dB/m以下であるのが好適であり、この場合には、コイル状に巻かれて収納される際や引き回しの際にマクロベンドに因る損失増加を低減することができる。

【0017】

本発明に係る光ファイバは、波長1550nmにおけるPetermann I の定義に拠るモードフィールド径が10.0μm以下であるのが好適であり、この場合には、ケーブル化される際にマイクロベンドに因る損失増加を低減することができる。

【0018】

本発明に係る光ファイバは、クラッド領域にフッ素が添加されているのが好適であり、コア領域にGeO₂が添加されていないのが好適であり、また、コア領域が純石英ガラスであるのが好適である。これらの場合には、伝送損失を低減する上で好都合である。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る光ファイバは、広い帯域で信号光を低損失で伝送することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0021】

図1は、本実施形態に係る光ファイバ10の説明図である。同図(a)は、光ファイバ10の光軸に垂直な断面を示す。同図(b)は、光ファイバ10の屈折率プロファイルを示す。この図に示されるように、光ファイバ10は、中心に断面が円形のコア領域11と、このコア領域11を取り囲み断面が円形のクラッド領域12とを有している。

【0022】

光ファイバ10は、石英ガラスを主成分とするものであり、好適には、クラッド領域12にフッ素が添加されていて、コア領域11に GeO_2 が添加されておらず、また、コア領域11が純石英ガラスである。これらの場合には、伝送損失を低減する上で好都合である。また、光ファイバ10のケーブルカットオフ波長は1260nm以下である。

【0023】

図2は、本実施形態に係る光ファイバ10の伝送損失の波長依存性を示す図である。光ファイバ10は、石英ガラスを主成分とするものであるから、この図に示されるように、波長1550nm付近において伝送損失が最小となる。波長1550nmにおける伝送損失を α_{1550} と表す。また、光ファイバ10は、波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} が0.32dB/km以下であり、波長1380nmにおけるOH基に因る損失増加量 $\Delta\alpha_{1380}$ が0.3dB/km以下である。

【0024】

この光ファイバ10は、波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} が小さく、波長1380nmにおけるOH基に因る損失増加量 $\Delta\alpha_{1380}$ も小さい。さらに、この光ファイバ10は、ケーブルカットオフ波長が1260nm以下であることから、OバンドからLバンドに跨る広い信号光波長帯域において、信号光を低損失かつシングルモードで伝送することができる。

【0025】

光ファイバ10は、波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} が0.30dB/km以下であれば更に好ましく、この場合には、この波長付近の信号光を更に低損失で長距離伝送することができる。

【0026】

光ファイバ10は、波長1380nmにおける伝送損失 α_{1380} が波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} より小さいのが好ましく、この場合には、波長1380nm付近の信号光を低損失で長距離伝送する上で好都合である。

【0027】

光ファイバ10は、波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} から波長1550nmにおける伝送損失 α_{1550} を引いた値 $\Delta\alpha$ ($=\alpha_{1550}-\alpha_{1310}$) が0.13dB/km以下であるのが好ましく、この場合には、両波長間の伝送損失の差が小さいので、広い信号光波長帯域において均質な性能の信号光伝送を実現することができる。

【0028】

図3は、本実施形態に係る光ファイバ10の波長分散の波長依存性を示す図である。この図に示されるように、波長が長いほど、光ファイバ10の波長分散は大きい。また、光ファイバ10の零分散波長 λ_0 は1300nm以上1324nm以下である。この場合、光ファイバ10は、標準的なシングルモード光ファイバと零分散波長が同程度であることから、標準的なシングルモード光ファイバとの互換性が優れ、分散補償の点で好都合である。

【0029】

さらに、光ファイバ10は、波長1550nmにおける偏波モード分散が $0.5\text{ps/km}^{1/2}$ 以下であるのが好ましく、この場合には、高ビットレート伝送を行なう際の偏波モード分散に因る信号光伝送性能の劣化を低減することができる。また、光ファイバ10は、波長1550nmにおける曲げ直径20mmでの曲げ損失が 3dB/m 以下であるのが好ましく、この場合には、コイル状に巻かれて収納される際や引き回しの際にマクロベンドに因る損失増加を低減することができる。また、光ファイバ10は、波長1550nmにおけるPetermann I の定義に拠るモードフィールド径が $10.0\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましく、この場合には、ケーブル化される際にマイクロベンドに因る損失増加を低減することができる。

【実施例】

【0030】

本発明に係る光ファイバの実施例について、比較例とともに説明する。比較例の光ファイバは、標準的なシングルモード光ファイバであって、コア領域が GeO_2 添加石英ガラスからなり、クラッド領域が純石英ガラスからなる。

【0031】

これに対して、実施例の光ファイバは、図1に示される構造を有し、コア領域が純石英ガラスからなり、クラッド領域がフッ素添加石英ガラスからなり、コア領域の外径2aが $7.9\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径2bが $125\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の屈折率を基準としてコア領域の比屈折率差 Δn が 0.39% である。

【0032】

この実施例の光ファイバは、以下に説明する製造方法により製造される。図4は、実施例の光ファイバの製造方法を説明する工程図である。高純度の石英ガラス棒をVAD法で合成し、このガラス棒を温度約 2000°C の加熱炉内で延伸して、外径3mmで長さ50cmのガラスロッド2を作成する。また、純石英ガラスに対する比屈折率差が -0.39% であるフッ素添加石英ガラスからなるガラスパイプ1をVAD法で作成する。このガラスパイプ1は、外径が20mmで、内径が6mmである。

【0033】

そして、図4(a)に示されるように、ガラスパイプ1内にガラスロッド2を挿入し、ガラスパイプ1の第1端側のパイプ5からガラスパイプ1内に清浄な N_2 ガス(H_2O 含有量が 0.5体積ppm 以下、その他のH含有ガスの含有量が 0.1体積ppm 以下)を標準状態(温度 0°C 、1気圧)換算で流量 2000cc/min (以下「 sc cm 」と表記)だけ流しながら、ガラスパイプ1の第2端側のパイプ6から真空排気して、ガラスパイプ1の内部の気圧を 2.5kPa とする。このとき、後の不純物除去、封止および中実化の各工程でガラスパイプ1およびガラスロッド2それぞれのうち温度 550°C 以上に加熱される範囲Aだけでなく、その範囲Aの両外側の長さ200mmの部分を含む範囲Bを、テープヒータ7で温度 200°C に加熱する。加熱範囲Bは、後の中実化工程で温度 550°C 以上に加熱される範囲を含むようにする。この状態を4時間保持し、上記の清浄な N_2 ガスで吹き流し排気する。

【0034】

続いて、図4(d)に示されるように、ガラスパイプ1の第1端側のパイプ5からガラスパイプ1内に脱金属不純物性ガス(例えば、 Cl_2 、 SOCl_2)を導入し、熱源3によりガラスパイプ1およびガラスロッド2を温度 1150°C に加熱して、ガラスパイプ1の内壁面およびガラスロッド2の表面それぞれに付着している金属不純物を除去する。

【0035】

さらに続いて、図4(c)に示されるように、ガラスパイプ1の第2端側を熱源3により加熱溶解して、ガラスパイプ1とガラスロッド2とを融着させて封止する。そして、排気配管であるガスライン8を介して真空ポンプにより、ガラスパイプ1の内部を気圧 0.01kPa 以下の真空状態に減圧する。その後、ガラスパイプ1の第1端側のパイプ5からガラスパイプ1内に清浄な N_2 ガス(H_2O 含有量が 0.5体積ppm 以下、その他の

H含有ガスの含有量が0.1体積ppm以下)を導入し、真空ポンプを停止して、ガラスパイプ1の内部を気圧105kPaに加圧する。この減圧および加圧を3サイクル繰り返して、ガラスパイプ1の内壁面およびガラスロッド2の表面それぞれに吸着しているガス(主にH₂O)を脱離させる。

【0036】

そして、図4(c)に示されるように、ロッドインコラプス法により、ガラスパイプ1の第2端側から第1端側に向かって順に熱源3を移動させて、ガラスパイプ1とガラスロッド2とを加熱溶融し融着させて中実化する。このとき、ガラスパイプ1の内部に、500sccmのCl₂ガスおよび500sccmのO₂ガスを導入する。また、ガラスパイプ1の内部の気圧はゲージ圧力で-1kPaであり、中実化時のガラスパイプ1の外表面の温度は1600℃である。以上のようにして第1プリフォームを作成する。

【0037】

この第1プリフォームは、外径が19mmであり、長さが400mmであり、クラッド径とコア径との比が6.6である。さらに、これを延伸して、外径14mmの第1プリフォームを得る。この外径14mmの第1プリフォームの外周面上に、H₂/O₂炎中にSiCl₄を導入して得られたSiO₂微粒子を、外径120mmまで堆積させる。この堆積体を炉内に入れて温度800℃に加熱し、昇温速度33℃/分で温度1500℃まで炉温を上げる。この間、15000sccmのHeガスおよび450sccmのSF₆ガスを炉内に導入する。以上のようにして母材を作成する。そして、この母材を線引きすることで、実施例の光ファイバを製造する。

【0038】

図5は、実施例および比較例それぞれの光ファイバの諸特性を纏めた図表である。また、図6は、実施例および比較例それぞれの光ファイバの伝送損失の波長依存性を示す図である。

【0039】

これらの図に示されるように、比較例の光ファイバは、波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} が0.33dB/kmであり、波長1380nmにおける伝送損失 α_{1380} が0.62dB/kmであり、波長1550nmにおける伝送損失 α_{1550} が0.19dB/kmであり、損失差 $\Delta\alpha$ ($=\alpha_{1550}-\alpha_{1310}$)が0.14dB/kmであり、波長1380nmにおけるOH基に因る損失増加量 $\Delta\alpha_{1380}$ が0.31dB/kmである。

【0040】

これに対して、実施例の光ファイバは、波長1310nmにおける伝送損失 α_{1310} が0.29dB/kmであり、波長1380nmにおける伝送損失 α_{1380} が0.27dB/kmであり、波長1550nmにおける伝送損失 α_{1550} が0.17dB/kmであり、損失差 $\Delta\alpha$ が0.12dB/kmであり、波長1380nmにおけるOH基に因る損失増加量 $\Delta\alpha_{1380}$ が0.03dB/kmである。

【0041】

また、実施例の光ファイバは、ケーブルカットオフ波長が1220nmであり、零分散波長が1310nmであり、波長1550nmにおけるモードフィールド径が9.7 μ mであり、波長1550nmにおける曲げ直径20mmでの曲げ損失が2dB/mである。

【0042】

さらに、実施例の光ファイバは、コア領域およびクラッド領域それぞれの非円化が十分に抑制されて、波長1550nmにおける偏波モード分散は、ボビン巻き状態で0.1ps/km^{1/2}以下であり、外力が低減された束取り状態で0.03ps/km^{1/2}以下である。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本実施形態に係る光ファイバ10の説明図である。

【図2】本実施形態に係る光ファイバ10の伝送損失の波長依存性を示す図である。

【図 3】 本実施形態に係る光ファイバ 1 0 の波長分散の波長依存性を示す図である。

【図 4】 実施例の光ファイバの製造方法を説明する工程図である。

【図 5】 実施例および比較例それぞれの光ファイバの伝送損失の波長依存性を示す図である。

【図 6】 実施例および比較例それぞれの光ファイバの諸特性を纏めた図表である。

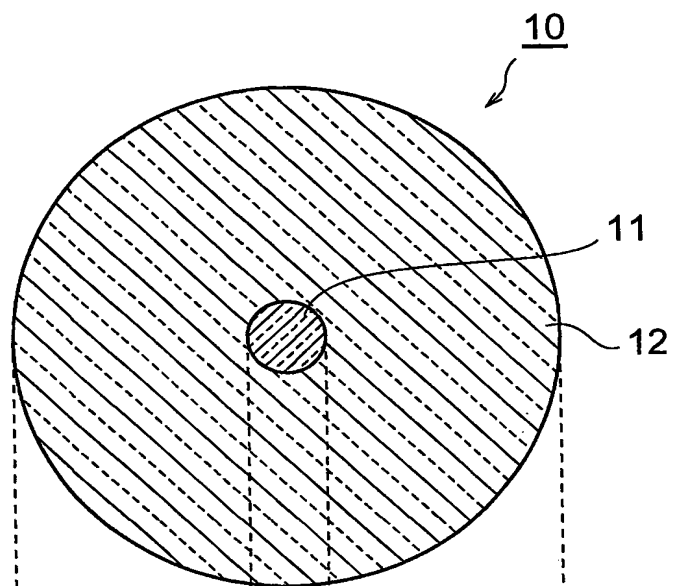
【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

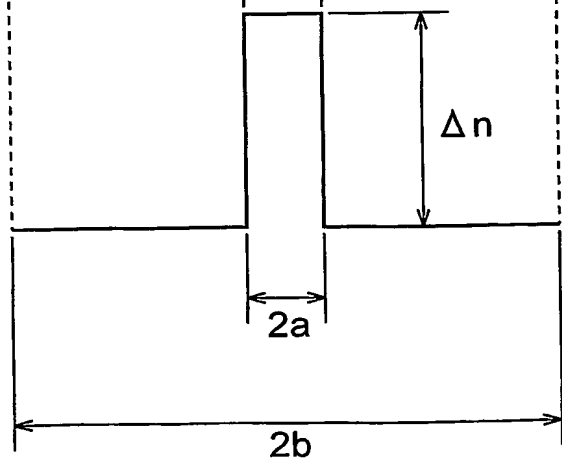
1 0 … 光ファイバ、 1 1 … コア領域、 1 2 … クラッド領域。

【書類名】 図面
【図 1】

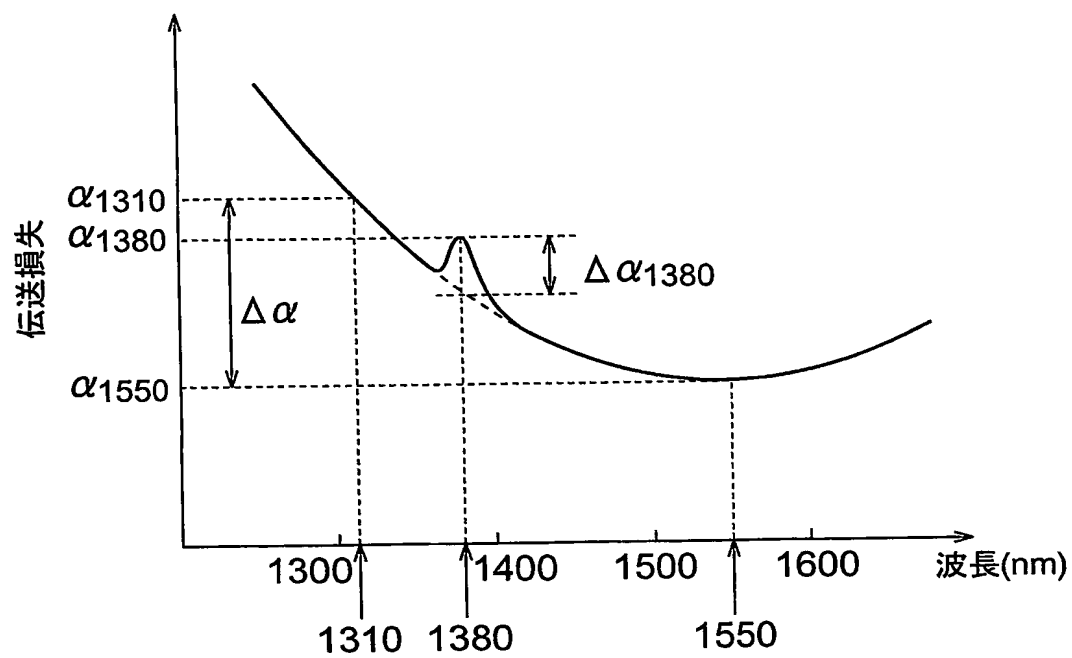
(a)



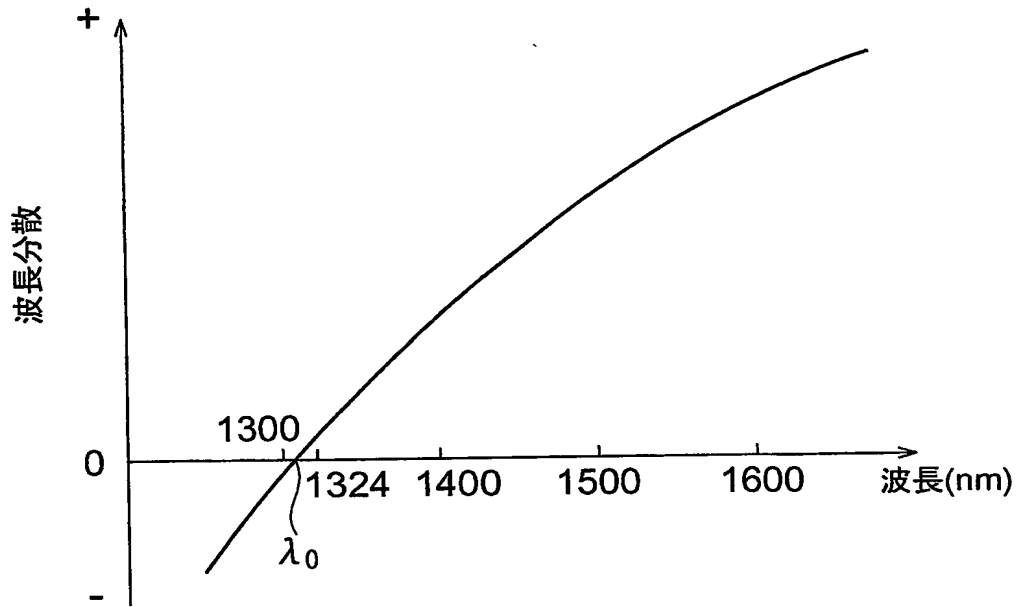
(b)



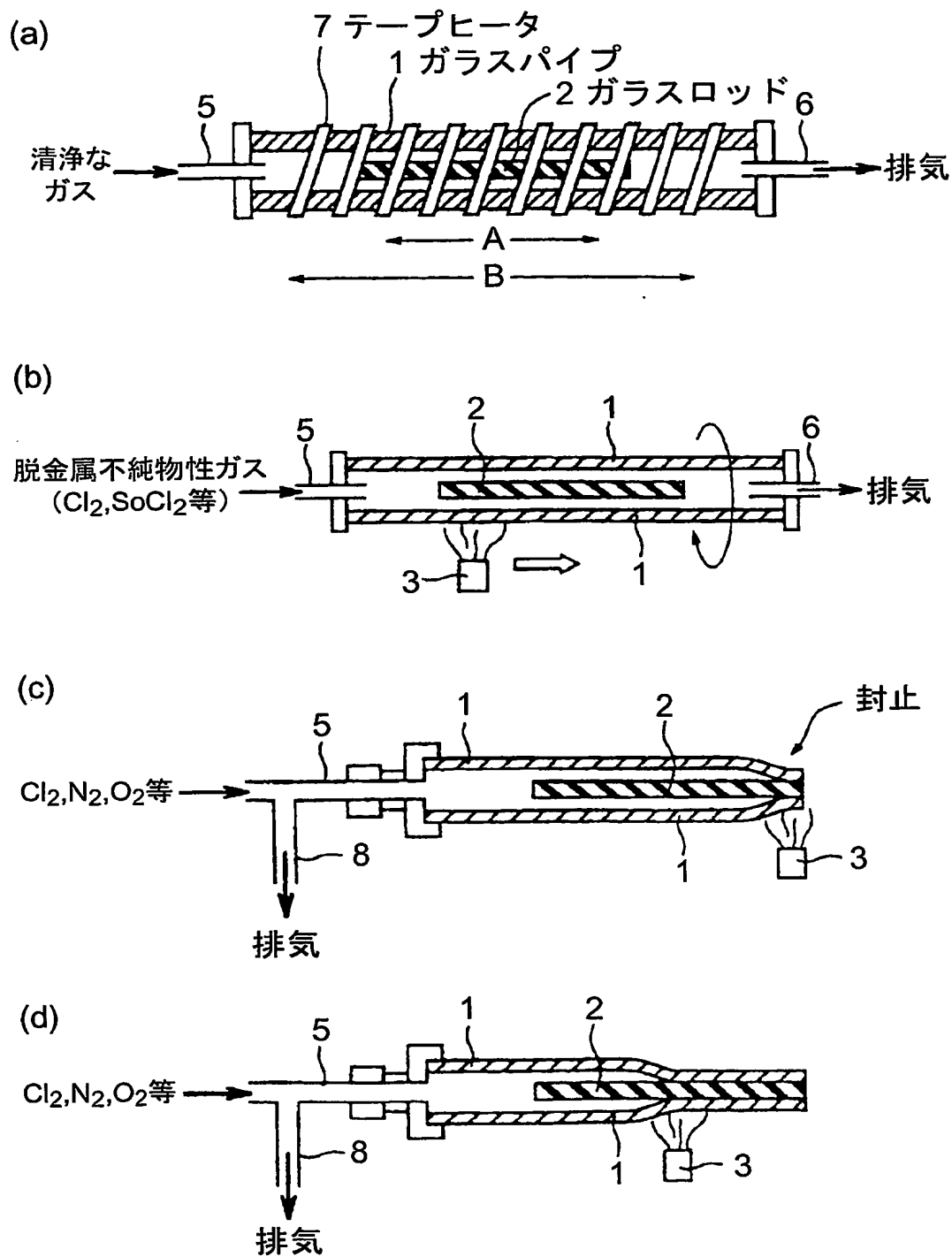
【図 2】



【図 3】



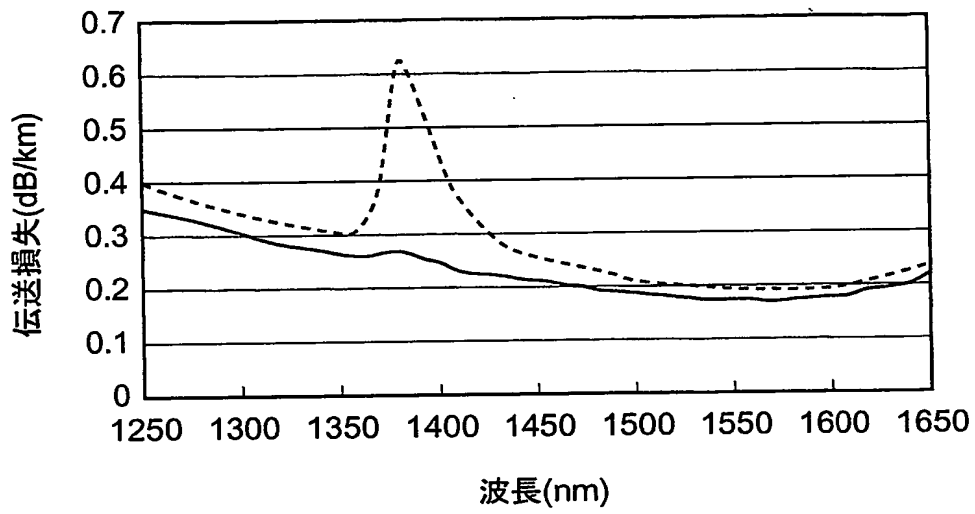
【図 4】



【図 5】

		実施例	比較例
伝送損失 α_{1310}	(dB/km)	0.29	0.33
伝送損失 α_{1380}	(dB/km)	0.27	0.62
伝送損失 α_{1550}	(dB/km)	0.17	0.19
損失差 $\Delta\alpha$ ($=\alpha_{1550}-\alpha_{1310}$)	(dB/km)	0.12	0.14
OH基に因る損失増加量 $\Delta\alpha_{1380}$	(dB/km)	0.03	0.31
ケーブルカットオフ波長	(nm)	1220	
零分散波長	(nm)	1310	
モードフィールド径 (波長 1550nm)	(μm)	9.7	
曲げ損失 (波長 1550nm、曲げ直径 20mm)	(dB/m)	2	

【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より広い帯域で信号光を伝送するのに好適な光ファイバを提供する。

【解決手段】 光ファイバ 10 は、石英ガラスを主成分とするものであって、ケーブルカットオフ波長が 1260 nm 以下であり、波長 1310 nm における伝送損失 α_{1310} が 0.32 dB/km 以下であり、波長 1380 nm における OH 基に因る損失増加量 $\Delta\alpha_{1380}$ が 0.3 dB/km 以下である。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 2 8 6 1 1 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社